

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有權機關
國際事務局



I HEREBY CERTIFY THAT THE ABOVE IS A TRUE AND CORRECT COPY OF THE ORIGINAL AS SUBMITTED TO ME BY THE PERSON OR PERSONS NAMED HEREIN.

(43) 回廊公開日
2002 年 8 月 29 日 (29.08.2002)

PCT

(10) 國際公開番号
WO 02/067010 A1

- (51) 国際特許分類: G01S 13/34, 7/32 [JP/JP]. 小曾義夫 (KOSUGE, Yoshio) [JP/JP]. 甲斐幸一 (KAI, Kohsho) [JP/JP]. 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/01264

(22) 国際出願日: 2001 年 2 月 21 日 (21.02.2001)

(23) 国際出願の言語: 日本語

(24) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]. 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: および

(73) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 三木 雅 (MITSUMOTO, Masashi) [JP/JP]. 岡田隆光 (OKADA, Takamitsu) [JP/JP]. 藤沢貴彦 (FUJISAKA, Takahiro)

(74) 代理人: 曾我猛朗. 外 (BOGA, Michitaru et al.). 〒100-0003 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 国際ビルディング8階 曾我特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): JP, US.

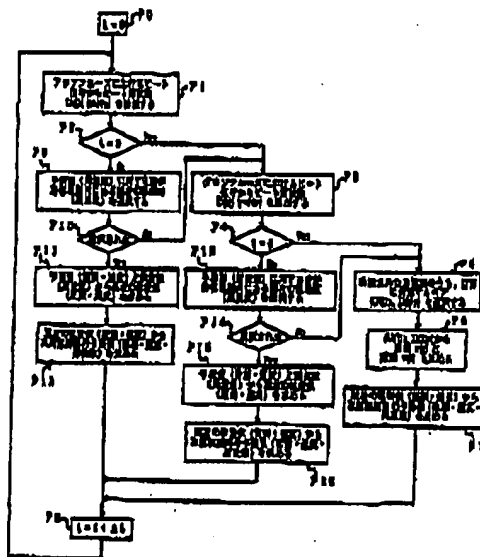
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

添付公開書類:
一 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(34) Title: DISTANCE/VELOCITY MEASURING METHOD AND RADAR SIGNAL PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 距離・速度計測方法およびレーダ信号処理装置

[illegible]

(57) Abstract: A distance/velocity measuring method which utilizes information on the frequency of an up (or down) phase beat signal in a time-sequence direction and determines the relative distance and relative velocity of a target from the frequency of the up (or down) phase beat signal only to reduce detections of a false target and nondetections and achieve measurement with high reliability.

【註釋有】

WO 02/067010 A1

WO 02/067010 A1 

(57) 要約:

アップ（あるいはダウン）フェーズのビート信号の周波数の時系列方向の情報を利用してアップ（あるいはダウン）フェーズのビート信号の周波数のみで目標の相対距離と相対速度を求めるようにすることで、偽目標や不検知目標を減らして信頼性の高い計測結果を得ることができる距離・速度計測方法とその方法を用いたレーダ信号処理装置を得る。

明 細 書

距離・速度計測方法およびレーダ信号処理装置

5

技術分野

この発明は、たとえば車両等の移動体に搭載されるレーダの信号処理装置に係り、特に、目標となる対象物を検出してその相対距離と相対速度を計測するための距離・速度計測方法とその方法を用いたレーダ信号処理装置に関するものである。

10

背景技術

車両等に搭載されるレーダは、計測対象とする目標の距離が数m～200m程度の範囲であり、このような範囲内にある計測対象を検出するためのレーダ方式として、“Introduction to Radar Systems” M. I. SKOLNIK, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC. (1962)をはじめとして、“RADAR HANDBOOK” M. I. SKOLNIK, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC. (1970)や“レーダ技術” 吉田 幸 監修、電子情報通信学会編 (1989)などに記載され、公知なFMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) 方式を用いることが多い。

図3は、FMCWレーダにおける各信号の時間に対する周波数特性を示したものであり、目標に対し送信される三角波の周波数変調を施した連続波の送信信号と目標から反射される受信信号とのビート信号から目標の相対距離及び相対速度を求める際の信号対時間の関係を示している。ここで、時間の経過につれて搬送波周波数が高くなる変調区間をアップフェーズ（変調周波数上昇期間）とし、他方、時間の経過につれて搬送波周波数が低くなる変調区間をダウンフェーズ（変調周波数下降期間）とする。

図3において、1は送信信号、2は受信信号、3はビート信号であり、アップフェーズにおけるビート信号3の周波数Uとダウンフェーズにおけるビート信号の周波数Dは、周波数掃引幅をB、周波数掃引時間をT、光速をc、波長を λ 、目標までの相対距離をr、目標の相対速度をvとすると、下記の式で

表される。

$$U = -\frac{2B}{cT}r + \frac{2}{\lambda}v \quad (1)$$

$$D = \frac{2B}{cT}r + \frac{2}{\lambda}v \quad (2)$$

これらの関係により、目標の相対距離 r と相対速度 v は、式 (3)、(4) に示すビート周波数 U と D の減算と加算による結果を利用して、式 (5)、(6) から得られる。

$$D - U = \frac{4B}{cT}r \quad (3)$$

$$U + D = \frac{4}{\lambda}v \quad (4)$$

$$r = \frac{cT}{4B}(D - U) \quad (5)$$

$$v = \frac{\lambda}{4}(U + D) \quad (6)$$

また、目標が複数 (N) の場合には、アップフェーズにおけるビート信号の周波数 U_i ($i = Nu, Nu \leq N$) とダウンフェーズにおけるビート信号の周波数 D_j ($j = Nd, Nd \leq N$) が得られるので、あらかじめ設定された基準により周波数対 (U_x, D_y) が選ばれ、その周波数対を式 (5)、(6) に代入して各目標の相対距離と相対速度が得られる。

この選定基準として、例えばビート信号の周波数スペクトルにおけるピーク強度を利用するものがあり、日本国特開平5-142387号公報では強度の大きさ順に対を決めている。また、日本国特開平11-337635号公報ではビームを走査して得られる複数方向の強度パターンを利用している。

このような目標の相対距離と相対速度は、一般にはあらかじめ設定された時間間隔で繰返し計測される。

しかし、現実には目標である車両からの反射状態や、送受信装置の構成要素の特性などにより、時系列上の計測において、ビート信号の周波数にばらつき

が生じ、距離・速度の計測結果が不安定になるという問題があった。

このような問題に対して、日本国特開平5-142338号公報、日本国特開平5-150095号公報や日本国特開平5-249233号公報などでは、ビート信号の周波数に関して時系列方向の情報を利用することが開示されて

5 いる。

例えば、図4は、日本国特開平5-249233号公報に開示されたミリ波レーダ装置の信号処理部の構成を示す図である。図示する信号処理部10は、A/D (Analog to Digital) 変換部11、周波数分析部12、スイッチ部13、比較部14と18、基準値形成部15と19、記憶部16と20、ばらつき除去部17と21、距離・速度導出部22を備えている。

次に動作について説明する。図4に示す信号処理部10において、目標に対するビート信号3がアナログ信号として入力され、このビート信号はA/D変換部11でデジタル信号に変換される。周波数分析部12ではFFT (Fast Fourier Transform) などによって周波数分析が行われ、アップフェーズにおけるビート信号の周波数Uとダウンフェーズにおけるビート信号の周波数Dが抽出される。

これら周波数は、スイッチ部13を介して、計測時の時刻tと関連づけられ、周波数UはU(t)として記憶部16に記憶され、周波数DはD(t)として記憶部20に記憶される。

20 時刻tにおいて、基準値形成部15は、記憶部16に記憶された過去のデータを利用して基準値Uref(t)を設定する。例えば計測間隔がΔtであるとして、式(7)により基準値Uref(t)を設定する。

$$U_{ref}(t) = \frac{U(t-\Delta t) + U(t-2\cdot\Delta t) + \dots + U(t-5\cdot\Delta t)}{5} \quad (7)$$

同様に、基準値形成部19は、記憶部20に記憶された過去のデータを利用して基準値Dref(t)を設定する。例えば式(8)により基準値Dref(t)を設定する。

$$D_{ref}(t) = \frac{D(t-\Delta t) + D(t-2\cdot\Delta t) + \dots + D(t-5\cdot\Delta t)}{5} \quad (8)$$

比較部 14 は、スイッチ部 13 を経由して入力されるアップフェーズにおけるビート信号の周波数 $U(t)$ を基準値形成部 15 で設定された基準値 $U_{ref}(t)$ と比較して、アップフェーズにおけるビート信号の周波数 $U(t)$ がばらつきのないデータであるかを判定する。例えばあらかじめ設定した許容幅 W_u に対して式 (9) の関係を満足するかどうかを判定基準とする。

$$|U(t) - U_{ref}(t)| \leq W_u \quad (9)$$

同様に、比較部 18 は、スイッチ部 13 を経由して入力されるダウンフェーズにおけるビート信号の周波数 $D(t)$ を基準値形成部 19 で設定された基準値 $D_{ref}(t)$ と比較して、ダウンフェーズにおけるビート信号の周波数 $D(t)$ がばらつきのないデータであるかを判定する。例えばあらかじめ設定した許容幅 W_d に対して式 (10) の関係を満足するかどうかを判定基準とする。

$$|D(t) - D_{ref}(t)| \leq W_d \quad (10)$$

比較部 14 によりばらつきの有無が判定されたアップフェーズにおけるビート信号の周波数 $U(t)$ は、ばらつき有りの場合にはばらつき除去部 17 で除去され、ばらつき無しの場合には記憶部 16 に記憶されるとともに、距離・速度導出部 22 へ入力される。

同様に、比較部 18 によりばらつきの有無を判定されたダウンフェーズにおけるビート信号の周波数 $D(t)$ は、ばらつき有りの場合にはばらつき除去部 21 で除去され、ばらつき無しの場合には記憶部 20 に記憶されるとともに、距離・速度導出部 22 へ入力される。

なお、ビート信号の周波数がばらつき有りとしてばらつき除去部で除去された場合、ビート信号の周波数 $U(t)$ 、 $D(t)$ の代わりに、前回のビート信号の周波数データ $U(t - \Delta t)$ 、 $D(t - \Delta t)$ を使用してもよい。

距離・速度導出部 22 は、入力されたビート信号の周波数 $U(t)$ と $D(t)$ について式 (5)、(6) により距離と速度を求める。

従来のレーダ装置の信号処理部は以上のように構成され、時系列方向のビート周波数のばらつきを抑えることができる。しかし、上記例をはじめとする従来技術では、目標の距離と速度を得るにはアップフェーズにおけるビート周波

数とダウンフェーズにおけるビート周波数の周波数対が必要であった。

そのため、もし、一方の周波数が得られない場合には、実際には存在するにも関わらず周波数対が選択されなかったために検知されない（不検知）目標や、得られなかったビート周波数の代わりに過去のビート周波数を用いたために
6 誤った周波数対を選択してしまい、本来存在しないはずの目標（偽目標）が発生し計測結果の信頼性を低下させる要因となっていた。

この発明は上記の問題点を解消するためになされたもので、アップ（あるいはダウン）フェーズのビート信号の周波数の時系列方向の情報を利用してアップ（あるいはダウン）フェーズのビート信号の周波数のみで目標の距離と速度
10 を求めるようにすることで、偽目標や不検知目標を減らして信頼性の高い計測結果を得ることができる距離・速度計測方法とその方法を用いたレーダ信号処理装置を得ることを目的とする。

発明の開示

15 上記目的を達成するために、この発明に係る距離・速度計測方法は、三角波の周波数変調を施した連続波レーダの送信信号と受信信号とのビート信号に基づいて目標の相対距離及び相対速度を計測する距離・速度計測方法において、アップフェーズ（変調周波数上昇期間）とダウンフェーズ（変調周波数下降期間）とにおけるビート信号からビート周波数を抽出し、抽出された周波数のうち、
20 目標に対する対応するビート周波数の周波数対を選択し、選択された周波数対に基づいて観測値として目標の相対距離と相対速度を求め、さらに観測値から次回観測時の予測値として相対距離と相対速度及びビート周波数を求める現在の計測段階と、次回以降の観測時に、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるビート周波数のみを利用して次回以降の
25 観測時における目標の相対距離及び相対速度を計測する次回以降の計測段階とを備えたことを特徴とするものである。

また、上記次回以降の計測段階は、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるビート周波数のみで処理することを優先し、当該一方のフェーズで目標が検知されなかった場合にのみ、他方のフェーズに

におけるビート周波数のみで処理することを特徴とするものである。

また、上記次回以降の計測段階は、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるビート周波数のみで目標の相対距離と相対速度を得る際に、観測値、予測値、及び観測値と予測値とから得られる平滑値を用いることを特徴とするものである。

また、上記次回以降の計測段階は、次回観測時刻 $t + \Delta t$ における距離の予測値を $R_p(t + \Delta t)$ 、速度の予測値を $V_p(t + \Delta t)$ 、アップフェーズにおけるビート周波数の予測値を $U_p(t + \Delta t) \times$ 、ダウンフェーズにおけるビート周波数の予測値を $D_p(t + \Delta t) \times$ 、アップフェーズにおけるビート周波数の観測値を $U(t + \Delta t) \times$ 、ダウンフェーズにおけるビート周波数の観測値を $D(t + \Delta t) \times$ としたとき、距離の平滑値 $R_s(t + \Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ を、下記の式

$$\begin{aligned} R_s(t + \Delta t) &= R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{U_p(t + \Delta t) \times - U(t + \Delta t) \times\} \\ V_s(t + \Delta t) &= V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{U_p(t + \Delta t) \times - U(t + \Delta t) \times\} \\ R_s(t + \Delta t) &= R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{D_p(t + \Delta t) \times - D(t + \Delta t) \times\} \\ V_s(t + \Delta t) &= V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{D_p(t + \Delta t) \times - D(t + \Delta t) \times\} \end{aligned}$$

なお、 α 、 β は定数

を用いて求めることを特徴とするものである。

また、この発明に係るレーダ信号処理装置は、三角波の周波数変調を施した連続波レーダの送信信号と受信信号とのビート信号に基づいて目標の相対距離及び相対速度を計測するレーダ信号処理装置において、アップフェーズとダウンフェーズにおけるビート信号を入力し、各ビート信号の周波数を抽出する周波数分析手段と、上記周波数分析手段により抽出されたアップフェーズとダウンフェーズにおけるビート信号の周波数から目標に対応する周波数対を選択する周波数対選択手段と、上記周波数対選択手段により選択された周波数対を入力して現時点の目標の相対距離と相対速度を求める距離・速度導出手段と、上記距離・速度導出手段からの現時点の目標の相対距離と相対速度を入力し、目標の運動を想定して所定時刻後における距離の予測値と速度の予測値を計算する距離・速度予測手段と、上記距離・速度予測手段からの距離の予測値と速度の

- 予測値を入力してアップフェーズまたはダウンフェーズにおけるビート信号の周波数の予測値を計算する周波数予測手段と、上記周波数予測手段により予測されたビート信号の周波数の予測値と所定時刻後におけるビート信号の周波数とを比較してその差があらかじめ設定された許容周波数幅の範囲内に存在する
- 5 ビート周波数の有無を判定する周波数比較手段と、上記距離・速度予測手段からの距離と速度の予測値及び上記周波数予測手段からのビート周波数の予測値と、上記周波数分析手段により得られる所定時刻後におけるビート信号の周波数の観測値とに基づいて距離と速度の平滑値を求める距離・速度平滑手段とを備え、上記周波数予測手段により得られるアップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるビート周波数のみを利用して次回以降の観測時における目標の相対距離及び相対速度を上記距離・速度平滑手段から得ることを特徴とするものである。

- また、上記周波数予測手段と上記周波数比較手段及び上記距離・速度平滑手段として、アップフェーズまたはダウンフェーズのフェーズ毎に一つ備え、上記
- 15 記次回以降の計測時に、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおける上記周波数予測手段と上記周波数比較手段及び上記距離・速度平滑手段による処理を優先し、当該一方のフェーズで目標が検知されなかった場合にのみ、他方のフェーズにおける上記周波数予測手段と上記周波数比較手段及び上記距離・速度平滑手段のみで処理を行うことを特徴とするものである。

- さらに、上記距離・速度平滑手段は、次回観測時刻 $t + \Delta t$ における距離の予測値を $R_p(t + \Delta t)$ 、速度の予測値を $V_p(t + \Delta t)$ 、アップフェーズにおけるビート周波数の予測値を $U_p(t + \Delta t) \times$ 、ダウンフェーズにおけるビート周波数の予測値を $D_p(t + \Delta t) \times$ 、アップフェーズにおけるビート周波数の観測値を $U(t + \Delta t) \times$ 、ダウンフェーズにおけるビート周波数の観測値を $D(t + \Delta t) \times$ としたとき、距離の平滑値 $R_s(t + \Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ を、下記の式

$$R_s(t + \Delta t) = R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{U_p(t + \Delta t) \times - U(t + \Delta t) \times\}$$

$$V_s(t + \Delta t) = V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{U_p(t + \Delta t) \times - U(t + \Delta t) \times\}$$

$$Rs(t+\Delta t) - Rp(t+\Delta t) + \alpha \times \{Dp(t+\Delta t)x - D(t+\Delta t)x\}$$

$$Vs(t+\Delta t) - Vp(t+\Delta t) + \beta \times \{Dp(t+\Delta t)x - D(t+\Delta t)x\}$$

なお、 α 、 β は定数

を用いて求めることを特徴とするものである。

5

図面の簡単な説明

図1は、この発明の実施の形態に係るレーダ信号処理装置の構成図、

図2は、図1のレーダ信号処理装置における目標の相対距離と相対速度を計測するための処理手順を示すフローチャート、

10 図3は、FMCWレーダにおける各信号の時間に対する周波数特性を示す図、

図4は、日本国特開平5-249233号公報に開示されたミリ波レーダ装置の信号処理部の構成を示す図である。

15

発明を実施するための最良の形態

以下、この発明の実施の形態について図を参照して説明する。

図1は、この発明の実施の形態に係るレーダ信号処理装置を示す構成図である。図1において、図4に示す従来例と同一部分は同一符号を付してその説明は省略する。新たな符号として、101、102、104はスイッチ部、103は周波数分析部12により抽出されたアップフェーズとダウンフェーズにおけるビート信号の周波数から目標に対応する周波数対を選択する周波数対選択部、105は距離・速度導出部22からの現時点の目標の相対距離と相対速度を入力し目標の運動を想定して所定時刻後における距離の予測値と速度の予測値を予測計算する距離・速度予測部である。

25 また、106、107は距離・速度予測部105から距離と速度の予測値を入力しアップフェーズとダウンフェーズにおけるビート信号の周波数の予測値をそれぞれ予測計算する周波数予測部、108、109は周波数予測部106、107により予測されたビート信号の周波数の予測値と所定時刻後におけるビート信号の周波数とを比較してその差があらかじめ設定された許容周波数幅

の範囲内に存在するビート周波数の有無を判定する周波数比較部、110、111は距離・速度予測部106、107からの距離と速度の予測値及び周波数予測手段からのビート信号の周波数の観測値とに基づいて距離と速度の平滑値を求める距離・速度平滑部である。

- 5 また、図2は、図1に示すレーダ信号処理装置における目標の相対距離と相対速度を計測するための処理手順を示すフローチャートである。

図2に示すフローチャートの手順に従って、図1に示すレーダ信号処理装置により目標の相対距離と相対速度を計測する動作を説明する。

- 計測動作が開始された時点がステップP0に対応し、信号処理装置内部の時刻 t が0に設定される。このとき、スイッチ部101およびスイッチ部102はともにA1端子に接続され、スイッチ部104はB0端子に接続される。

- ステップP1では、周波数分析部12が、A/D変換部11によりデジタル信号に変換されたアップフェーズにおけるビート信号を入力し、例えばFFTを用いた周波数分析によりビート信号の周波数 $U(t)_i$ を抽出する。ビート信号の周波数 $U(t)_i$ は、スイッチ部13およびスイッチ部101を経由して、周波数対選択部103へ入力される。

ステップP2では、現時点の時刻 t を参照し、 $t=0$ であればステップP3へ進み、 $t \neq 0$ であればステップP9へ進む。ここでは、まず、 $t=0$ としてステップP3へ進む。

- 20 ステップP3では、周波数分析部12が、A/D変換部11によりデジタル信号に変換されたダウンフェーズにおけるビート信号を入力し、例えばFFTを用いた周波数分析によりビート信号の周波数 $D(t)_j$ を抽出する。

ビート信号の周波数 $D(t)_j$ は、スイッチ部13およびスイッチ部101を経由して、周波数対選択部103へ入力される。

- 25 ステップP4では、現時点の時刻 t を参照し、 $t=0$ であればステップP5へ進み、 $t \neq 0$ であればステップP13へ進む。ここでは、まず、 $t=0$ としてステップP5へ進む。

ステップP5では、周波数対選択部103が、入力されたビート信号の周波数 $U(t)_i$ と $D(t)_j$ から目標に対応する周波数対 $\{U(t)_x, D(t)$

) y} を選択する。

ステップP 6では、距離・速度導出部22が周波数対 {U (t) x, D (t) y} を入力して、式 (5)、(6) により現時点の目標の相対距離 $r(t)$ と相対速度 $v(t)$ を求め、スイッチ部104を介して計測結果として出力する。

ステップP 7では、距離・速度予測部105が現時点の目標の相対距離 $r(t)$ と相対速度 $v(t)$ を入力し、目標の運動を想定して次回観測時刻 $t + \Delta t$ における距離の予測値 $R_p(t + \Delta t)$ と速度の予測値 $V_p(t + \Delta t)$ を計算する。例えば、目標が等速運動をしていると想定した場合、以下の式 (11)、(12) により計算される。

$$R_p(t + \Delta t) = r(t) + \Delta t \times v(t) \quad (11)$$

$$V_p(t + \Delta t) = v(t) \quad (12)$$

さらに、周波数予測部106が距離の予測値 $R_p(t + \Delta t)$ と速度の予測値 $V_p(t + \Delta t)$ を入力してアップフェーズにおけるビート信号の周波数の予測値 $U_p(t + \Delta t) \times$ を式 (1) から計算し、周波数予測部107が距離の予測値 $R_p(t + \Delta t)$ と速度の予測値 $V_p(t + \Delta t)$ を入力してダウンフェーズにおけるビート信号の周波数の予測値 $D_p(t + \Delta t) \times$ を式 (2) から計算する。

ステップP 8では、信号処理装置内部の時刻 t に Δt が加えられ、 $t + \Delta t$ における計測を行うため、ステップP 1へ戻る。

ステップP 1では、上記と同様にしてビート周波数 $U(t + \Delta t) i$ が抽出される。

ステップP 2では、 $t \neq 0$ としてステップP 9へ進む。

ステップP 9では、周波数比較部108があらかじめ設定された許容周波数幅 F_u に基づき、式 (13) を満たすビート周波数 $U(t + \Delta t) i$ の有無を判定する。すなわち、アップフェーズで目標が検知されるか否かを判定する。

$$|U_p(t + \Delta t) \times - U(t + \Delta t) i| \leq F_u \quad (13)$$

ステップP 10では、ビート周波数 $U(t + \Delta t) i$ があれば、それを $U(t + \Delta t) \times$ としてステップP 11へ進み、なければステップP 3に進む。こ

ここでは、まず、 $U(t+\Delta t) \times$ があるとしてステップP11へ進む。

ステップP11では、距離・速度平滑部110が予測値 $R_p(t+\Delta t)$ 、 $V_p(t+\Delta t)$ 、 $U_p(t+\Delta t) \times$ と観測値 $U(t+\Delta t) \times$ から距離の平滑値 $R_s(t+\Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t+\Delta t)$ を以下の式(14)

5、(15)で計算する。

$$R_s(t+\Delta t) = R_p(t+\Delta t) + \alpha \times \{U_p(t+\Delta t) \times - U(t+\Delta t) \times\} \quad (14)$$

$$V_s(t+\Delta t) = V_p(t+\Delta t) + \beta \times \{U_p(t+\Delta t) \times - U(t+\Delta t) \times\} \quad (15)$$

このとき、スイッチ部104では、Bu端子に接続となり、式(14)、(15)の距離の平滑値 $R_s(t+\Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t+\Delta t)$ が計測結果として出力される。すなわち、アップフェーズのビート周波数のみで目標の距離と速度が得られるようになる。

ステップP12ではステップP7と同様に、距離・速度予測部105が式(14)、(15)の距離の平滑値 $R_s(t+\Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t+\Delta t)$ を現時点の距離と速度として入力し、目標の運動を想定して次回観測時刻 $t+2\Delta t$ における距離の予測値 $R_p(t+2\Delta t)$ と速度の予測値 $V_p(t+2\Delta t)$ を計算する。

さらに、周波数予測部106が距離の予測値 $R_p(t+2\Delta t)$ と速度の予測値 $V_p(t+2\Delta t)$ を入力してアップフェーズにおけるビート周波数の予測値 $U_p(t+2\Delta t) \times$ を式(1)から計算し、周波数予測部107が予測値 $R_p(t+\Delta t)$ と $V_p(t+\Delta t)$ を入力してダウンフェーズにおけるビート周波数の予測値 $D_p(t+2\Delta t) \times$ を式(2)から計算する。

ステップP8では、信号処理装置内部の時刻 t に Δt が加えられ、 $t+2\Delta t$ における計測を行うため、ステップP1へ戻り、上記の動作を繰り返す。

次に、ステップP10において、 $U(t+\Delta t) \times$ がなく、すなわち、目標が検知されなく、ステップP3へ進む場合を以下に説明する。ステップP8では、上記と同様にして $D(t+\Delta t) \times$ が抽出される。

ステップP4では、 $t \neq 0$ としてステップP13へ進む。

ステップP13では、周波数比較部109があらかじめ設定された許容周波数幅 F_d に基づき、式(16)を満たす $D(t+\Delta t) \times$ の有無が判定される

$$|D_p(t+\Delta t) - D(t+\Delta t)| \leq Fd \quad (16)$$

ステップP14では、 $D(t+\Delta t)$ がなければステップP5へ進み、上記の動作を行う。

- 8 一方、 $D(t+\Delta t)$ があればそれを $D(t+\Delta t)$ としてステップP15に進む。

ステップP15では、ステップP11と同様に距離・速度平滑部111が予測値 $R_p(t+\Delta t)$ 、 $V_p(t+\Delta t)$ 、 $D_p(t+\Delta t)$ と観測値 $D(t+\Delta t)$ から距離の平滑値 $R_s(t+\Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t+\Delta t)$ を以下の式で計算する。

- 10

$$R_s(t+\Delta t) = R_p(t+\Delta t) + \alpha \times \{D_p(t+\Delta t) - D(t+\Delta t)\} \quad (17)$$

$$V_s(t+\Delta t) = V_p(t+\Delta t) + \beta \times \{D_p(t+\Delta t) - D(t+\Delta t)\} \quad (18)$$

- このとき、スイッチ部104ではBd端子に接続となり、式(17)、(18)の距離の平滑値 $R_s(t+\Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t+\Delta t)$ が計測結果として出力される。すなわち、ダウンフェーズのビート周波数のみで目標の距離と速度が得られるようになる。

- ステップP16では、ステップP12と同様に、距離・速度予測部105が式(17)、(18)の距離の平滑値 $R_s(t+\Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t+\Delta t)$ を現時点の距離と速度として入力し、目標の運動を想定して次回観測時刻 $t+2\Delta t$ における距離の予測値 $R_p(t+2\Delta t)$ と速度の予測値 $V_p(t+2\Delta t)$ を計算する。

- さらに、周波数予測部106が $R_p(t+2\Delta t)$ と $V_p(t+2\Delta t)$ を入力してアップフェーズにおけるビート周波数の予測値 $U_p(t+2\Delta t)$ を式(1)から計算し、周波数予測部107が $R_p(t+\Delta t)$ と $V_p(t+\Delta t)$ を入力してダウンフェーズにおけるビート周波数の予測値 $D_p(t+2\Delta t)$ を式(2)から計算する。

ステップP8では、信号処理装置内部の時刻 t に Δt が加えられ、 $t+2\Delta t$ における計測を行うため、ステップP1へ戻り、上記の動作を繰り返す。

なお、図1の各構成要素は、それぞれ専用の演算回路で実現してもよいし、

CPU (Central Processing Unit) あるいはDSP (Digital Signal Processor) に組み込まれたプログラムで実現してもよい。

また、図2において、ステップP0からP7は、現在の計測段階を構成し、ステップP8→P1→P2→P9～P12は、アップフェーズにおけるビート
5 周波数のみを利用して次回以降の観測時における目標の相対距離と相対速度を計測する次回以降の計測段階を構成するものであるが、アップフェーズに代えてダウンフェーズにおけるビート周波数のみを利用するようにしてもよく、ダウンフェーズにおけるビート周波数のみを利用して計測する計測段階を構成する場合には、ステップP3→P4→P13～P16を、アップフェーズにおけ
10 るビート周波数のみを利用する計測段階として入れ換えても良い。

したがって、上述した実施の形態によれば、一方のフェーズの周波数のみで目標の相対距離と相対速度を得るようにしたので、不検知目標や偽目標を減らして高い信頼性のある計測結果を得ることができる。

また、一方のフェーズの周波数のみによる計測処理を優先して行い、目標が
15 検知されなかった場合にのみ他方の周波数による計測処理を行うようにしたので、不検知目標を減らして高い信頼性のある計測結果を得ることができる。

また、一方のフェーズの周波数のみによる計測処理において観測値と予測値と平滑値を用いるようにしたので、偽目標を減らして高い信頼性のある計測結果を得ることができる。

20 さらに、一方のフェーズの周波数のみによる計測処理において、式(14)、(15)、(17)、(18)を用いるようにしたので、精度の良い計測結果を得ることができる。

産業上の利用の可能性

25 以上のように、この発明によれば、アップ(あるいはダウン)フェーズのビート信号の周波数の時系列方向の情報を利用してアップ(あるいはダウン)フェーズのビート信号の周波数のみで目標の相対距離と相対速度を求めるようにすることで、偽目標や不検知目標を減らして信頼性の高い計測結果を得ることができる距離・速度計測方法とその方法を用いたレーダ信号処理装置を得るこ

07-04-13;02:19PM;

Posz

;33550115

24/ 38

とができる。

...

請 求 の 範 囲

1. 三角波の周波数変調を施した連続波レーダの送信信号と受信信号とのビート信号に基づいて目標の相対距離及び相対速度を計測する距離・速度計測方法において、
 - アップフェーズ（変調周波数上昇期間）とダウンフェーズ（変調周波数下降期間）とにおけるビート信号からビート周波数を抽出し、抽出された周波数のうち、目標に対する対応するビート周波数の周波数対を選択し、選択された周波数対に基づいて観測値として目標の相対距離と相対速度を求め、さらに観測値から次回観測時の予測値として相対距離と相対速度及びビート周波数を求める現在の計測段階と、
 - 次回以降の観測時に、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるビート周波数のみを利用して次回以降の観測時における目標の相対距離及び相対速度を計測する次回以降の計測段階と
2. 請求項1に記載の距離・速度計測方法において、
 - 上記次回以降の計測段階は、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるビート周波数のみで処理することを優先し、当該一方のフェーズで目標が検知されなかった場合にのみ、他方のフェーズにおけるビート周波数のみで処理することを特徴とする距離・速度計測方法。
3. 請求項2に記載の距離・速度計測方法において、
 - 上記次回以降の計測段階は、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるビート周波数のみで目標の相対距離と相対速度を得る際に、観測値、予測値、及び観測値と予測値とから得られる平滑値を用いることを特徴とする距離・速度計測方法。

4. 請求項3に記載の距離・速度計測方法において、

上記次回以降の計測段階は、次回観測時刻 $t + \Delta t$ における距離の予測値を $R_p(t + \Delta t)$ 、速度の予測値を $V_p(t + \Delta t)$ 、アップフェーズにおけるビート周波数の予測値を $U_p(t + \Delta t)$ 、ダウフェーズにおけるビート周波数の予測値を $D_p(t + \Delta t)$ 、アップフェーズにおけるビート周波数の観測値を $U(t + \Delta t)$ 、ダウフェーズにおけるビート周波数の観測値を $D(t + \Delta t)$ としたとき、距離の平滑値 $R_s(t + \Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ を、下記の式

$$\begin{aligned} R_s(t + \Delta t) &= R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{U_p(t + \Delta t) - U(t + \Delta t)\} \\ V_s(t + \Delta t) &= V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{U_p(t + \Delta t) - U(t + \Delta t)\} \\ R_s(t + \Delta t) &= R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{D_p(t + \Delta t) - D(t + \Delta t)\} \\ V_s(t + \Delta t) &= V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{D_p(t + \Delta t) - D(t + \Delta t)\} \end{aligned}$$

なお、 α 、 β は定数

を用いて求める

15 ことを特徴とする距離・速度計測方法。

5. 三角波の周波数変調を施した連続波レーダの送信信号と受信信号とのビート信号に基づいて目標の相対距離及び相対速度を計測するレーダ信号処理装置において、

20 アップフェーズとダウフェーズにおけるビート信号を入力し、各ビート信号の周波数を抽出する周波数分析手段と、

上記周波数分析手段により抽出されたアップフェーズとダウフェーズにおけるビート信号の周波数から目標に対応する周波数対を選択する周波数対選択手段と、

25 上記周波数対選択手段により選択された周波数対を入力して現時点の目標の相対距離と相対速度を求める距離・速度導出手段と、

上記距離・速度導出手段からの現時点の目標の相対距離と相対速度を入力し、目標の運動を想定して所定時刻後における距離の予測値と速度の予測値を計算する距離・速度予測手段と、

上記距離・速度予測手段からの距離の予測値と速度の予測値を入力してアップフェーズまたはダウフェーズにおけるビート信号の周波数の予測値を計算する周波数予測手段と、

- 5 上記周波数予測手段により予測されたビート信号の周波数の予測値と所定時刻後におけるビート信号の周波数とを比較してその差があらかじめ設定された許容周波数幅の範囲内に存在するビート周波数の有無を判定する周波数比較手段と、

- 10 上記距離・速度予測手段からの距離と速度の予測値及び上記周波数予測手段からのビート周波数の予測値と、上記周波数分析手段により得られる所定時刻後におけるビート信号の周波数の観測値とに基づいて距離と速度の平滑値を求める距離・速度平滑手段と

- 15 上記周波数予測手段により得られるアップフェーズまたはダウフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるビート周波数のみを利用して次回以降の観測時における目標の相対距離及び相対速度を上記距離・速度平滑手段から得ることを特徴とするレーダ信号処理装置。

6. 請求項5に記載のレーダ信号処理装置において、

- 20 上記周波数予測手段と上記周波数比較手段及び上記距離・速度平滑手段として、アップフェーズまたはダウフェーズのフェーズ毎に一つ備え、上記次回以降の計測時に、アップフェーズまたはダウフェーズのいずれか一方のフェーズにおける上記周波数予測手段と上記周波数比較手段及び上記距離・速度平滑手段による処理を優先し、当該一方のフェーズで目標が検知されなかった場合にのみ、他方のフェーズにおける上記周波数予測手段と上記周波数比較手段及び上記距離・速度平滑手段のみで処理を行う

- 25 ことを特徴とするレーダ信号処理装置。

7. 請求項5に記載のレーダ信号処理装置において、

上記距離・速度平滑手段は、次回観測時刻 $t + \Delta t$ における距離の予測値を $R_p(t + \Delta t)$ 、速度の予測値を $V_p(t + \Delta t)$ 、アップフェーズにお

るビート周波数の予測値を $U_p(t + \Delta t)$ x、ダウフーズにおけるビート周波数の予測値を $D_p(t + \Delta t)$ x、アップフェーズにおけるビート周波数の観測値を $U(t + \Delta t)$ x、ダウフーズにおけるビート周波数の観測値を $D(t + \Delta t)$ xとしたとき、距離の平滑値 $R_s(t + \Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ を、下記の式

5 平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ を、下記の式

$$R_s(t + \Delta t) = R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{U_p(t + \Delta t)x - U(t + \Delta t)x\}$$

$$V_s(t + \Delta t) = V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{U_p(t + \Delta t)x - U(t + \Delta t)x\}$$

$$R_s(t + \Delta t) = R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{D_p(t + \Delta t)x - D(t + \Delta t)x\}$$

$$V_s(t + \Delta t) = V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{D_p(t + \Delta t)x - D(t + \Delta t)x\}$$

10 なお、 α 、 β は定数

を用いて求める

ことを特徴とするレーダ信号処理装置。

07-04-13;02:19PM;

Posz

:33550115

29/ 36

図1

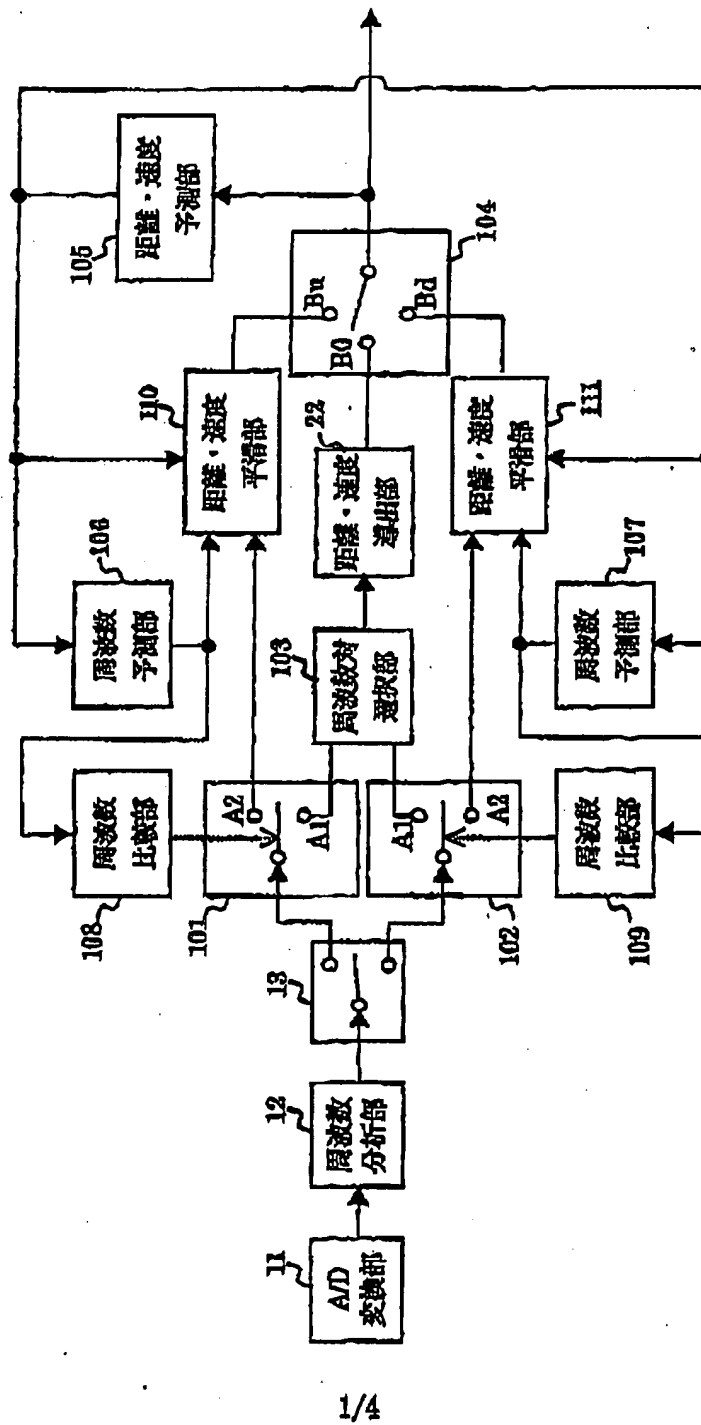


図 2

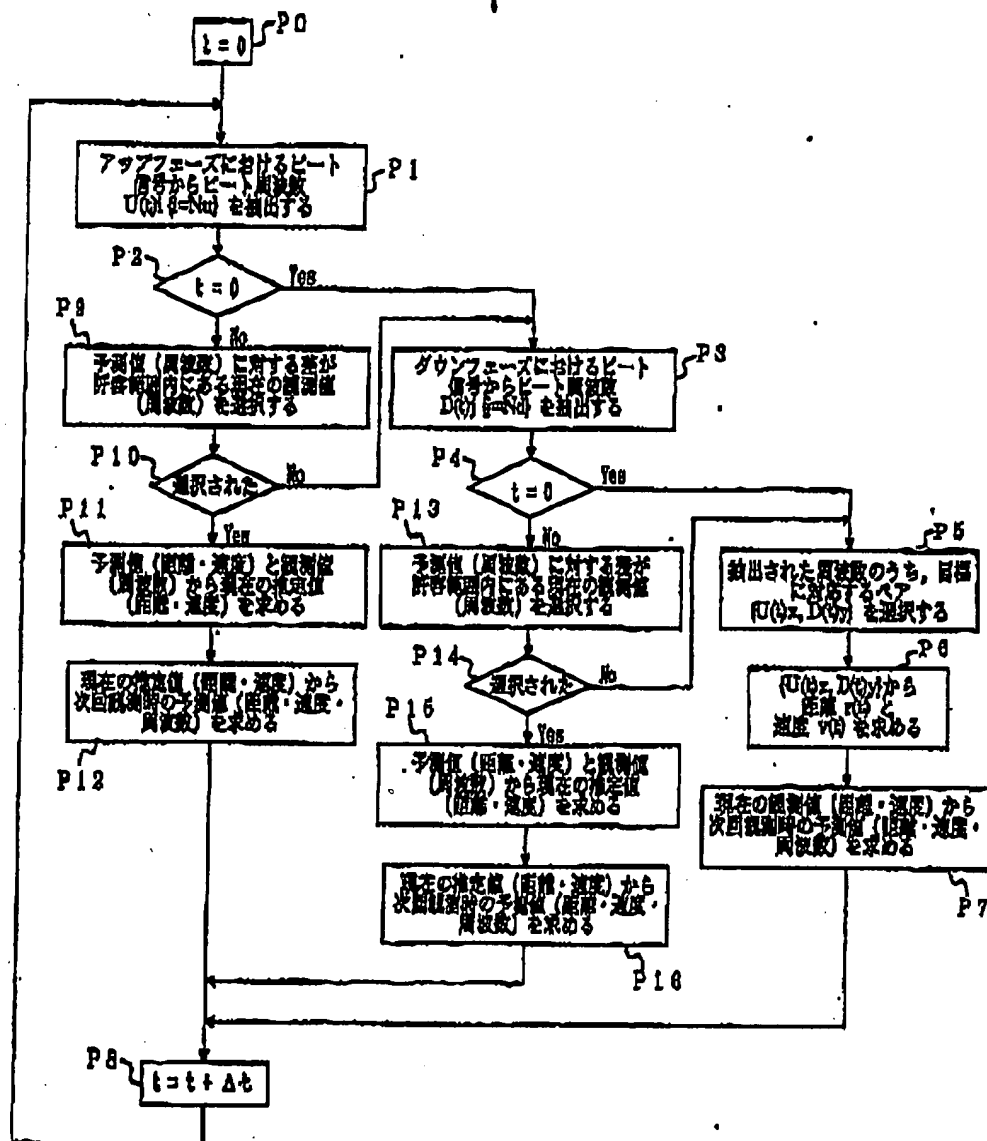
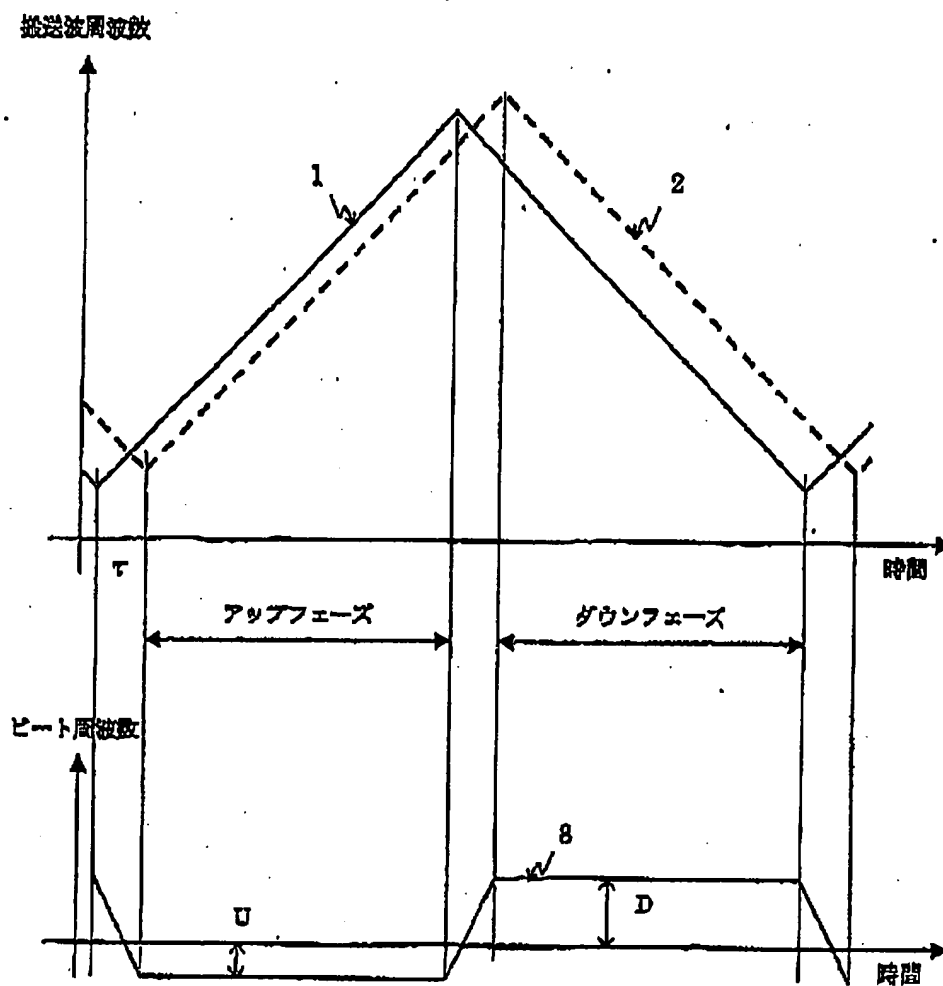


図 3



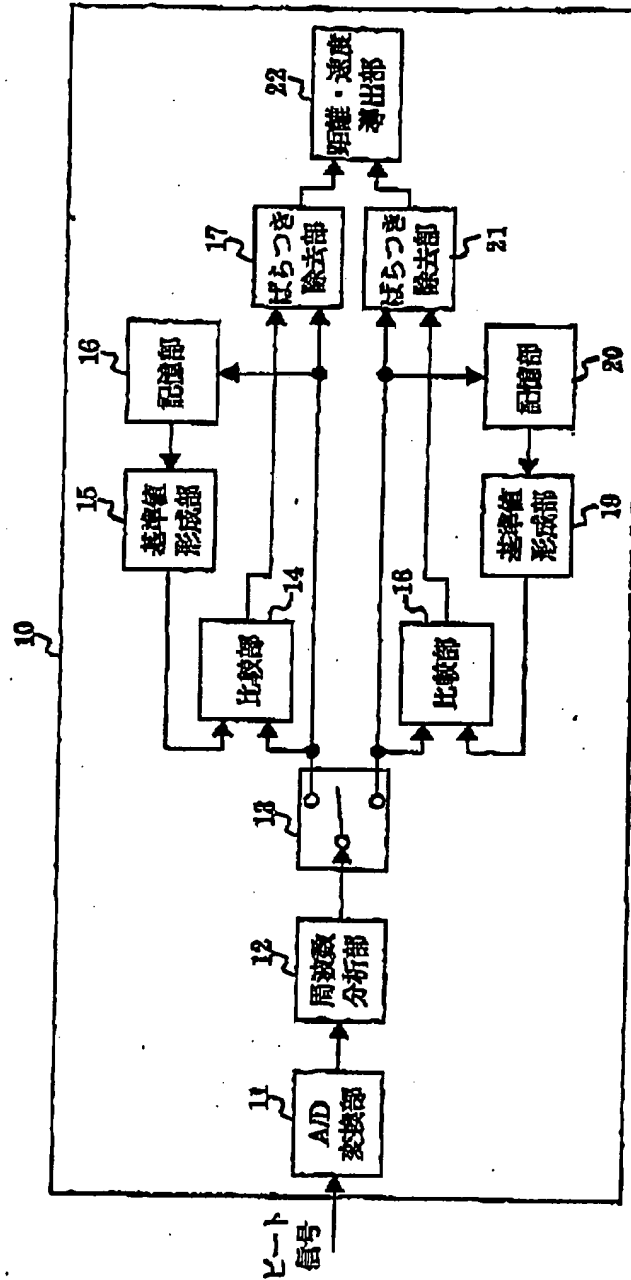
07-04-13;02:19PM;

Page 2

;33550115

32/ 36

図 4



4/4

07-04-13;02:18PM;

Page

;33550115

33/ 36

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/01264

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl.⁷ G01S13/34, G01S7/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl.⁷ G01S13/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Kobo 1922-1996 Tokoku Jitsuyo Shinan Kobo 1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Kobo 1971-2001 Jitsuyo Shinan Tokoku Kobo 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US, 5905458, A1 (Honda Giken Kogyo Kabushiki Kaisha), 18 May, 1999 (18.05.99), Full text; all drawings Full text; all drawings & JP, 10-148669, A	1 2-7
A	JP, 5-142238, A (Fujitsu Ten Limited), 08 June, 1993 (08.06.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP, 5-150035, A (Fujitsu Ten Limited), 18 June, 1993 (18.06.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP, 11-271429, A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 08 October, 1999 (08.10.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
A	US, 5963162, A1 (Honda Giken Kogyo Kabushiki Kaisha), 05 October, 1999 (05.10.99), Full text; all drawings	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not

considered to be of particular relevance

"B" earlier document but published on or after the international filing

date

"C" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is

cited to establish the publication date of another citation or other

special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other

means

"P" document published prior to the international filing date but later

than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or
priority date and not in conflict with the application but cited to
understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered novel or cannot be considered to involve an inventive
step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered to involve an inventive step when the document is
combined with one or more other such documents, such
combination being obvious to a person skilled in the art
"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 March, 2001 (09.03.01)

Date of mailing of the international search report
21 March, 2001 (21.03.01)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

07-04-13:02:18PM;

Posz

;33550115

34/ 36

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/01264

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>JP, 11-38129, A.</p> <p>JP, 5-249233, A (Fujitsu Ten Limited), 28 September, 1993 (28.09.93), Full text; all drawings (Family: none)</p>	1-7

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP01/01264	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl. G01S13/34, G01S7/32			
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl. G01S13/34			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2001年 日本国特許実用新案公報 1994-2001年 日本国実用新案登録公報 1996-2001年			
国際調査で使った電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X A	US, 5905458, A1 (Honda Giken Kogyo Kabushiki Kaisha) 18. 5月. 1999 (18. 05. 99) 全文, 全図 全文, 全図 & JP, 10-148669, A	1 2-7	
A	JP, 5-142338, A (富士通テン株式会社) 8. 6月. 1998 (08. 06. 93) 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の終りにとも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー			
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に抵触する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張となる出願			
「T」 の日の後に公表された文献 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日		国際調査報告の発注日	
09. 03. 01		21.03.01	
国際調査機関の名称及びびて先		特許庁審査官 (権限のある職員)	
日本国特許庁 (ISA/JP)		宮川 智伸	
郵便番号 100-8916		28 9208	
東京都千代田区麹町三丁目4番3号		電話番号 03-3581-1101 内線 8265	

様式PCT/ISA/210 (第2ページ) (1998年7月)

国際調査報告		国際出版番号 PCT/JPO1/01264
C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 5-160036, A (富士通テン株式会社) 18. 8月. 1993 (18. 06. 93) 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 11-271429, A (株式会社豊田中央研究所) 8. 10月. 1999 (08. 10. 99) 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	US, 5969162, A1 (Honda Giken Kogyo Kabushiki Kaisha) 5. 10月. 1999 (05. 10. 99) 全文, 全図 & JP, 11-38129, A	1-7
A	JP, 5-249233, A (富士通テン株式会社) 28. 9月. 1993 (28. 09. 93) 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1998年7月)